

Modélisation Hydro-économique du Bassin du Bani, Mali.

FOSSI S.¹, MARICO O.¹, BARBIER B.^{1,2}, DIARRA A.¹

Mots clés : modélisation hydro-économique, Bani, changement climatique, vulnérabilité, population.

INTRODUCTION

Le changement climatique et les conséquences qu'il peut provoquer comptent parmi les problèmes les plus graves que nous connaissons aujourd'hui. Dans le Sahel, la sécheresse se caractérise par une extension générale des régions à précipitations en dessous de la normale (Hubert et al, 1989 ; Mahé et Citeau, 1993 ; Adejuwon et al. 1990 ; Nicholson, 1994).

Le bassin versant du Bani, est un bassin transfrontalier et un sous-bassin du haut Niger ayant son exutoire à Sofara dans la région de Mopti au Mali. Il couvre une superficie d'environ 130.000 km² répartie entre le Mali (79,2%), la côte d'Ivoire (15,6%), le Burkina Faso (5%) et la Guinée Conakry (0,2%). En 1998, la Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique (DNSI) a estimé la population de la partie malienne du bassin du Bani à environ 2,8 millions. Avec un taux d'accroissement moyen de la population de 3% cette population serait passée à 3,9 millions d'habitants en 2009 soit une densité d'environ 38 habitants au kilomètre carré. Cette population à majorité rurale s'active principalement autour de l'agriculture. Le climat est globalement tropical et présente une saison humide centrée en août et dominée par la Mousson apportant de l'humidité du Sud. La saison sèche est quant à elle dominée par l'Harmattan, vent chaud et sec venant du Nord-est. On distingue classiquement une zone sahélienne au Nord (climat tropical semi aride) comprise entre les isohyètes 200 mm et 750 mm, une zone soudano-sahélienne (climat tropical pur) au centre du bassin, qui est comprise entre les isohyètes 750 et 1000 mm et une zone soudano-guinéenne au Sud du bassin avec des valeurs annuelles de pluie comprises entre 1000 et 1800 mm (Autorité du Bassin du Niger, 2002).

METHODES

Les modèles hydro-économiques représentent les ressources naturelles et les pièces d'ingénierie incluses dans le réseau de répartition de l'eau. Ce réseau intègre à la fois les éléments physiques, économiques et spatiaux. Afin de bien cerner le transfert d'eau par ruissellement, le bassin du Bani a été subdivisé en douze sous-bassins. Cette segmentation ne tient pas forcément compte des conditions hydrologiques, c'est-à-dire que chaque sous-partie que nous appelons ici sous bassin. Néanmoins, des sous-bassins déjà élaborés par l'IRD ont servi de base pour la fragmentation du bassin versant du Bani en sous unités.

Le modèle mathématique utilise des sous-bassins caractérisés par la surface totale disponible (selon chaque type de sol), et la réserve d'eau disponible (selon les types d'années). Le modèle génère différents assolements, en fonction de la main d'œuvre nécessaire pour chaque campagne ainsi que des rendements, en tenant compte du prix du kilogramme de chaque spéculation. A partir de ces données, le modèle détermine l'assolement permettant d'obtenir le meilleur revenu selon les contraintes de l'exploitation. Les données utilisées dans cette étude sont issues principalement d'études antérieures réalisées dans la zone (Konaré, 2009 ; Ouattara, 2009).

1. La fonction objectif

C'est la fonction à maximiser, elle représente le revenu du bassin (RE) et obéit à la formule :

$$RE = \sum_b \sum_s \sum_r \sum_c mb(b,s,r,c) * X(b,s,r,c) - \sum_p SAL(b,p) * salj(p) - CRED(b) * ti$$

Où : mb : marge brute, X : surface cultivée, SAL : jour de travail salarié, Salj : salaire journalier, CRED : crédit agricole, ti : taux d'intérêt, b : sous-bassin, s : type de sols, r : type d'années, c : type de cultures.

¹ Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Rue de la Science, 01 BP 594 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

² CIRAD/2iE -Ouagadougou, avenue du Président Kennedy, 01 BP 596 Ouagadougou 01, Burkina Faso.

2. Les contraintes

Beaucoup d'agriculteurs sont limités par la surface disponible. Dans le modèle, la surface maximale utilisable pour les activités agricoles est donnée selon le type de sol. Le modèle attribue des surfaces par sous-bassin à chaque type de sol et de culture ($X(b, s, c)$) sans dépasser la totalité des surfaces disponibles ($surf(b)$). Toutes les surfaces agricoles ne sont pas forcément attribuées :

$$ter(b, s) = \sum_c X(b, s, c)$$

Les terres sont la propriété de l'Etat, mais elles sont gérées de manière traditionnelle au niveau villageois. Selon la disponibilité, des terres peuvent être attribuées à ceux qui en font la demande. Le coton est la principale culture de rente de la zone et pour ne pas que tout l'espace soit emblavé en coton, une contrainte a été affectée à la culture du coton.

$$lcot = \sum_c X(b, s, 'cot') \leq 0.5 * \sum_c^{c1(c)} X(b, s, c)$$

Le modèle est construit sur la base d'une période culturale. Le modèle fonctionne sur des rotations biennales et triennales. La main d'œuvre est essentiellement familiale. Cependant, une main d'œuvre temporaire est parfois nécessaire. Le coût de la journée de travail varie en fonction du type de travail à réaliser. Une contrainte de capital a été ajoutée dans le modèle pour tenir compte du fait que dans les exploitations agricoles, le manque de capital est une contrainte à l'adoption de nouvelles techniques et à l'augmentation de la production et des revenus. Le prix des intrants est majoré de 10 % lorsque l'agriculteur achète à crédit. Le remboursement du crédit et des intérêts se fait une fois la récolte terminée et vendue. On suppose que l'agriculteur préférera toujours acheter ses intrants à crédit (résultats observés sur le terrain) :

$$CRED(b) \leq 10^5 \sum_c X(b, s, 'cot')$$

Le choix des cultures se fait selon la disponibilité en capital de l'exploitation, la pluviométrie en début de saison et les crédits accordés. La superficie cultivée est revue à la hausse ou à la baisse en début de campagne, selon le type d'année. Les besoins en eau des cultures sont inférieurs au produit de la réserve par l'efficacité des réseaux d'eau estimée à 0.7

RESULTATS ET DISCUSSION

Les rendements sont fonctions des cultures, des types de sol et des types d'année. Le volume d'eau disponible est uniformisé pour tout le bassin. La superficie disponible dépend du sous bassin et de type de sols. La culture du riz est la plus exigeante ici, avec une main d'œuvre et un besoin capital important. Le riz et le coton exigent un capital conséquent, car ils nécessitent beaucoup de travaux et exigent des traitements phytosanitaires appropriés.

Le riz est beaucoup plus cultivée dans le sous-bassin B5 (Talo) que dans les autres sous-bassin. Ceci s'expliquerait par le fait que cette zone a un potentiel remarquable en terme de terre aménageable pour l'irrigation, surtout depuis la mise en eau du seuil de Talo en 2007.

Dans tout le bassin du Bani, le type d'année procurant le revenu le plus élevé est humide, alors que le type sec a le revenu le plus bas. Le revenu élevé en année humide se justifie en ce que les cultures pratiquées dans l'ensemble du bassin exigent beaucoup d'eau, surtout dans leur phase de croissance.

Le prix le plus élevé pour les différentes spéculations est celui du coton et le revenu généré par les jachères est nul. En mobilisant l'eau par la construction des barrages et retenues le revenu sera plus élevé sinon constant dans le bassin malgré la sécheresse dans le milieu. Le sous-bassin ayant le revenu le plus élevé pour tous les types d'année est le B11, parce qu'il est majoritairement cultivé en coton. Dans ce sous-bassin il y a moins de terres laissées en jachère. En investissant plus dans B11 on doit générer un profit positif.

Le ruissellement est plus élevé en année humide par rapport aux années normale et sèche. Le ruissellement le plus élevé pour les trois types d'année est localisé dans le sous bassin dont la superficie est la moins cultivée, à cause du type de sol et de la végétation naturelle qui facilite moins l'infiltration que les cultures. Le ruissellement dans les sous-bassins est influencé par le type de sol et les activités anthropiques dans le milieu. La corrélation négative qui existe entre le ruissellement et la superficie un sous-bassin se justifie par le fait que les effets du ruissellement, affectent négativement l'utilisation des sols cultivés. Le ruissellement élevé peut

aussi être dû aux activités non agricoles par exemple (l'exploitation des mines d'or, le déboisement) et la disparition du couvert végétal due au stress hydrique (sécheresse).

La tendance de courbes superficie-population montre une relation plutôt positive qui pourrait se justifier par le fait que plus la population augmente dans le bassin, plus il y a de besoins et par conséquent l'activité agricole aussi augmente.

CONCLUSION

Les simulations révèlent que l'année humide donne le revenu le plus élevé pour tout le bassin. La superficie cultivée suivant la croissance de la population jusqu'à saturation, il faudra donc intensifier l'agriculture pour satisfaire la demande. Le ruissellement influence négativement la superficie cultivée dans le bassin, mais n'a pas de relation linéaire avec la démographie dans le bassin. Ainsi, la dégradation des terres dans le bassin pourrait être une conséquence de la disparition du couvert végétal due à la sécheresse et à certaines activités d'une frange de la population. Les différents résultats obtenus amènent à penser que les pratiques antiérosives devraient être encouragées et menées dans le bassin, en vue de faire face au ruissellement élevé. De même, un élevage intensif des bovins devrait être encouragé pour éviter la dégradation des sols par la divagation des animaux et les investissements augmentés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adejuwon JO, Balogun EE, Adejuwon SA. On the annual and seasonal patterns of rainfall fluctuations in sub-Saharan West Africa. *Int J Climatol*, 1990; 10:839–848
2. Autorité du bassin Niger. (2002). Programme pluriannuel de développement de l'Autorité du Bassin du NIGER. ABN: 63p.
3. Direction Nationale de la Statistique et de l'Informatique. (1998). Recensement général de la population et de l'habitat du 1er au 14 avril. Bamako, DNSI.
4. Hubert, P., Carbonnel, J. P., Chaouche, A. (1989) Segmentation des séries hydrométéorologiques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. *J. Hydrol* 10, 349-367.
5. Konaré S. (2009). Culture des Bas-fonds du bassin versant du fleuve Bani au Mali : Utilisation de SIG pour la caractérisation de productions agricoles. Mémoire pour l'obtention du Master spécialisé en GIRE. Fondation 2iE : 65p
6. Mahé G, Citeau J. (1993). Relation océan-atmosphère-continent dans l'espace africain de mousson atlantique. Schéma général et cas particulier de 1984. *Veille Climatique Satellitaire n°44* : 34-54
7. Nicholson, S.E. (1994). "Recent rainfall fluctuations in Africa and their relationship to past conditions over the continent". *The Holocene*, 4: 121-131.
8. Ouattara S. (2009). Identification des zones favorables aux cultures de bas-fonds au Burkina Faso, en Côte d'Ivoire et au Mali. Mémoire de fin d'études Master d'ingénierie 2^{ème} Année. Fondation 2iE : 47p.